

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 906 913 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
07.04.1999 Patentblatt 1999/14

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **C07D 475/00, A61K 31/505**

(21) Anmeldenummer: **97117276.2**

(22) Anmeldetag: **06.10.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV RO SI**

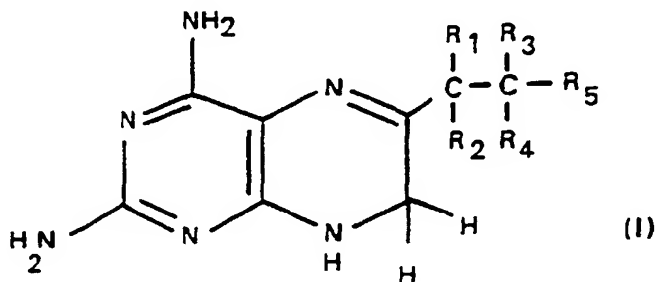
(71) Anmelder: **Werner, Ernst**  
**6020 Innsbruck (AT)**

(72) Erfinder:  
• **Werner, Ernst**  
**6020 Innsbruck (AT)**  
• **Schircks, Bernhard**  
**8645 Jona (CH)**

(74) Vertreter:  
**Hofinger, Engelbert, DDr. et al**  
**Patentanwälte Torggler & Hofinger**  
**Wilhelm-Greil-Strasse 16**  
**6020 Innsbruck (AT)**

(54) **Pteridinderivate als NO Synthase-Hemmer**

(57) Pteridinderivat der Formel



wobei  $R_1, R_2, R_3, R_4$  unabhängig voneinander für H oder OH stehen,  $R_5$  für H,  $CH_3$ ,  $CH_2OH$  oder einen niederen Alkylrest (C1 bis C9) steht, der geradkettig oder verzweigt sein kann, sowie für  $(CH(OH))_n-Y$  oder  $(CH(OH))_n-(CH_2)_m-W$ , wobei Y Wasserstoff oder ein niederer Alkylrest, W ein Wasserstoff oder eine Hydroxylgruppe ist, und n und m unabhängig voneinander 1-20 sind, sowie tautomere und stereoisomere Formen von (I) und deren Salze.

EP 0 906 913 A1

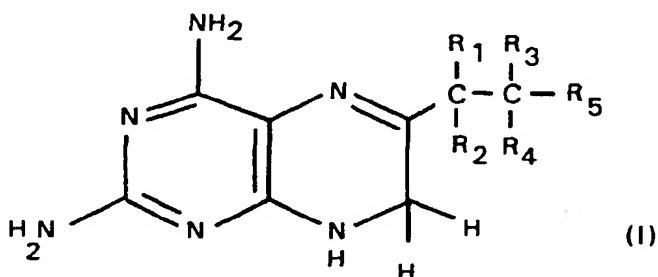
**Beschreibung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Pteridinderivate und deren Verwendung als Pharmaka zur Behandlung von Erkrankungen, die mit einer erhöhten Aktivität von Stickstoffmonoxidsynthasen einhergehen.

[0002] Stickstoffmonoxidsynthasen katalysieren die Umwandlung von L-Arginin in L-Citrullin und Stickstoffmonoxid (NO). NO, oder ein Reaktionsprodukt von NO mit z.B. Superoxid oder Thiolen, ist für eine Reihe wichtiger Reaktion im Körper verantwortlich, z.B. zur Abwehr von Pathogenen, zur Regulation des Blutdruckes, zur Übertragung von Nervenreizen. In Erkrankungen kann es zu einer Überproduktion von Stickstoffmonoxid kommen, die mit den Symptomen der Erkrankung direkt in Zusammenhang gebracht werden können. Dazu zählt z.B. der akute Blutdruckabfall während septischer Komplikationen oder während Zytokinbehandlungen, die Entwicklung von Demenzsymptomen in Infektionen mit dem humanen Immunodefizienzvirus (HIV), in der Alzheimer'schen und der Parkinson'schen Erkrankung. In diesen und anderen Erkrankungen mit gesteigerter NO Produktion wird versucht, Pharmaka, die die NO-Synthase Reaktion hemmen können, als neue Therapeutika einzusetzen.

[0003] Bisher bekannte Hemmer der NO-Synthasen sind Argininanaloga (z.B. N-Monomethyl-L-Arginin), Derivate von Aminoguanidinen, Thiocitrullin, Isothioharnstoff, Iminoethylornithin, 6-Nitroindazol, 7-Nitroindazol, das 4-Amino-Analogon des Tetrahydrobiopterin (H<sub>4</sub>aminobiopterin; Ref. 1), sowie andere Derivate von Pteridinen (DE4418096) und Tetrahydropteridinen (DE 4418097).

[0004] Durch die Erfindung wird folgende neue Klasse von Pteridinen zur Verfügung gestellt:



R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> in Formel (I) stehen unabhängig voneinander für H oder OH, R<sub>5</sub> steht für H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>OH oder einen niederen Alkylrest (C1 bis C9), der geradkettig oder verzweigt sein kann, sowie für (CH(OH))<sub>n</sub>-Y oder (CH(OH))<sub>n</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>-W, wobei Y Wasserstoff oder ein niederer Alkylrest, W ein Wasserstoff oder eine Hydroxylgruppe ist, und n und m unabhängig voneinander 1-20 sind. Die Erfindung umfaßt weiters alle tautomeren und stereoisomeren Formen von (I), sowie deren Salze.

[0005] Die Herstellung dieser noch nicht beschriebenen Verbindungen erfolgt nach bekannten Verfahren. Überraschend wurde gefunden, daß 7,8-Dihydropteridine ausgezeichnete Hemmer von NO-Synthasen sind, die in ihrer Wirkung am Enzym den entsprechenden, bekannten Tetrahydroverbindungen gleichkommen. An intakten, kultivierten Zellen sind aber die Dihydroverbindungen deutlich wirksamer als die entsprechenden Tetrahydroderivate. Zusätzlich zu der im Vergleich zu den Tetrahydroderivaten höheren chemischen Stabilität ist ein weiterer Vorteil der Verwendung der Dihydroderivate darin zu sehen, daß mit weniger Schritten ein einheitliches Produkt hergestellt werden kann. Während bei der Reduktion des entsprechenden "nicht-reduzierten", d.h. voll aromatischen Pteridins zur 5,6,7,8-Tetrahydroverbindung ein Gemisch von Diastereomeren gebildet wird, da an C-6 ein neues chirales Zentrum entsteht, liefert die Herstellung der 7,8-Dihydroverbindung ein einheitliches Produkt. Daher muß nicht der mühsame Weg der Trennung der Isomeren beschritten werden, um nach der chemischen Reduktion eine einheitliche Verbindung zu erhalten.

**Ausführungsbeispiel:**

Herstellung des 2,4-diamino-7,8-dihydro-6(L-erythro-1,2-dihydroxypropyl) pteridin (H<sub>2</sub>aminobiopterin, R<sub>1</sub> = R<sub>3</sub> = H, R<sub>2</sub> = R<sub>4</sub> = OH, R<sub>5</sub> = CH<sub>3</sub>):

[0006] Die entsprechende "nicht-reduzierte" Verbindung 2,4-Diamino-6-(L-erythro 1,2,-dihydroxypropyl)pterin (Aminobiopterin) wird nach bekannten Vorschriften synthetisiert (Ref. 2 - 4). Davon ausgehend wird die 7,8-Dihydroverbindung nach der Methode von Futterman (Ref. 5) mit den Modifikationen von Fukushima & Akino (Ref. 6) hergestellt. Dazu werden 250 mg Aminobiopterin in 50 ml Wasser suspendiert. Nach der Zugabe von 1 g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> wird die Suspension bei 60°C 40 Minuten lang inkubiert. Die Lösung wird dann auf ca 15 ml eingengt und auf eine Zellsäule aufgetragen. Die Säule wird mit Wasser eluiert und die H<sub>2</sub>aminobiopterin-haltigen Fraktionen werden bis zum Trocknen

lyophilisiert. So erhält man etwa 75 mg H<sub>2</sub>aminobiopterin.

[0007] Zur Analyse der Verbindung eignet sich z.B. Hochdruckflüssigchromatographie mit den folgenden experimentellen Parametern: Eine 250 mm lange Ionenaustauschersäule mit 4,6 mm innerem Durchmesser (Partisil 10 SCX, Whatman, Maidstone U.K.) wird mit 50 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, pH = 3, und einer Flußrate von 1,5 ml/min eluiert. Die Verbindungen werden durch UV-Absorption bei 254 nm detektiert. Folgende Retentionszeiten werden beobachtet: 2,4-Diamino-6-(L-erythro-1,2 dihydroxypropyl)pteridin (Aminobiopterin; 5,0 min), 2,4-Diamino-7,8-dihydro-6-(L-erythro-1,2 dihydroxypropyl)pteridin (H<sub>2</sub>aminobiopterin; 5,3 min), 2,4-Diamino-5,6,7,8-tetrahydro-6R-(L-erythro-1,2 dihydroxypropyl)pteridin (6R H<sub>4</sub> aminobiopterin; 5,6 min), 2,4-Diamino-5,6,7,8-tetrahydro-6S-(L-erythro-1,2 dihydroxypropyl)pteridin (6S H<sub>4</sub>aminobiopterin; 6,4 min).

[0008] Zum Nachweis der Wirkung der Hemmstoffe eignet sich z.B. rekombinante, neuronale, Tetrahydrobiopterin-freie NO-Synthase, welche nach der Methode von List et al. 1996 (Ref. 7) hergestellt wird. Die NO-Synthaseaktivität wird dabei in Abhängigkeit von der Zugabe des NO-Synthase-Hemmstoffes durch die Bildung von [2,3,4,5-<sup>3</sup>H]Citrullin aus [2,3,4,5-<sup>3</sup>H]Arginin nach der Methode von Mayer et al. (Ref. 8) bestimmt. Dazu wird in 0.1 ml folgendes Gemisch für 10 min bei 37°C inkubiert: 0.1 µg NO-Synthase, 0.1 mM [2,3,4,5-<sup>3</sup>H]-L-Arginin (ca. 60000 cpm), 0.5 mM CaCl<sub>2</sub>, 10 µg/ml Calmodulin, 0.2 mM NADPH (Nicotinamidadenindinukleotid, reduzierte Form), 10 µM Tetrahydrobiopterin, 0-1000 µM NO-Synthase-Inhibitor (z.B. H<sub>2</sub>aminobiopterin), 5 µM FAD (Flavinadenindinukleotid), 5 µM FMN (Flavinmononucleotid), und 0.2 mM CHAPS (3-[(3-cholamidopropyl)dimethyl-amonio]-1-propansulfonat). Die Reaktion wird durch Zugabe von 0.9 ml 20 mM Natriumacetatpuffer, pH = 5,5, der 1 mM L-Citrullin enthält, gestoppt. Das Gemisch wird anschließend auf Ionenaustauschersäulen, die mit dem Material DOWEX AG50W-X8 gefüllt sind, aufgetragen, und das Eluat sowie die Waschflüssigkeit (1 ml Wasser) werden aufgefangen. 7 ml Scintillationscocktail werden zugegeben und die Radioaktivität, die ein Maß für die NO-Synthaseaktivität ist, wird mit einem Szintillationszähler bestimmt.

Tabelle I

Vergleich der Wirksamkeit von H <sub>2</sub> aminobiopterin (R <sub>1</sub> = R <sub>3</sub> = H, R <sub>2</sub> = R <sub>4</sub> = OH, R <sub>5</sub> = CH <sub>3</sub> ), H <sub>4</sub> aminobiopterin und Beispiel 72 aus DE4418097 an rekombinanter, Tetrahydrobiopterin-freier NO-Synthase			
Inhibitor	Konzentration (µM)	NO-Synthase -Aktivität (nmol.mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	Hemmung (%)
Keiner		295	0
H <sub>2</sub> aminobiopterin	0.01	294	0.3
H <sub>2</sub> aminobiopterin	0.1	283	4
H <sub>2</sub> aminobiopterin	1.0	242	18
H <sub>2</sub> aminobiopterin	10.	110	64
H <sub>2</sub> aminobiopterin	100.	48	83
H <sub>2</sub> aminobiopterin	1000.	25	92
Keiner		298	0
H <sub>4</sub> aminobiopterin	0.01	279	6
H <sub>4</sub> aminobiopterin	0.1	262	12
H <sub>4</sub> aminobiopterin	1.0	181	39
H <sub>4</sub> aminobiopterin	10.	72	76
H <sub>4</sub> aminobiopterin	100.	35	88
H <sub>4</sub> aminobiopterin	1000.	24	92
Keiner		334	0
DE 4418097-72	0.01	325	3
DE 4418097-72	0.1	318	5
DE 4418097-72	1.0	306	8
DE 4418097-72	10.	316	5

Tabelle I (fortgesetzt)

Vergleich der Wirksamkeit von H <sub>2</sub> aminobiopterin (R <sub>1</sub> = R <sub>3</sub> = H, R <sub>2</sub> = R <sub>4</sub> = OH, R <sub>5</sub> = CH <sub>3</sub> ), H <sub>4</sub> aminobiopterin und Beispiel 72 aus DE4418097 an rekombinanter, Tetrahydrobiopterin-freier NO-Synthase			
Inhibitor	Konzentration (μM)	NO-Synthase -Aktivität (nmol.mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	Hemmung (%)
DE 4418097-72	100.	274	18
DE 4418097-72	1000.	136	60

[0009] Tabelle 1 zeigt, daß H<sub>2</sub>aminobiopterin das Enzym in der gleichen Größenordnung hemmen kann wie der beste bisher bekannte Hemmer der NO-Synthase auf Pteridinbasis, 6R-H<sub>4</sub>aminobiopterin. Überdies ist die Verbindung wesentlich wirksamer als bisher patentierte Hemmer der NO-Synthase auf Pteridinbasis, wie der Vergleich mit Beispiel 72 aus DE 4418097 zeigt.

[0010] Zum Nachweis der Wirksamkeit einer Verbindung der vorliegenden Erfindung an kultivierten Zellen wurden Mausfibroblasten nach Werner-Felmayer et al., (Ref. 9) gewonnen und in RPMI 1640 Medium (Schoeller Pharma, Wien, Österreich) mit 20% Hitze-inaktiviertem fötalem Kälberserum (Schoeller Pharma) in einer Dichte von 10<sup>5</sup> Zellen pro ml ausgesät und mit 50 U/ml Mäuse-Interferongamma, 100 U/ml Tumornekrose Faktor-Alpha und 1 μg/ml Lipopolysaccharid (E. coli B55:05) in Gegenwart verschiedener Konzentrationen von Hemmstoffen kultiviert. Nach 96 h im Brutschrank (100% Luftfeuchtigkeit, 37°C, 5% CO<sub>2</sub>) werden die Überstände gesammelt und mit der Griess-Reaktion auf ihren Gehalt an Nitrit, einem Abbauprodukt von NO, analysiert. Die folgende Tabelle 2 zeigt einen Vergleich von H<sub>2</sub>aminobiopterin (R<sub>1</sub> = R<sub>3</sub> = H, R<sub>2</sub> = R<sub>4</sub> = OH, R<sub>5</sub> = CH<sub>3</sub>), H<sub>4</sub>aminobiopterin und Beispiel 72 aus DE 4418097:

Tabelle 2

Vergleich von H <sub>2</sub> aminobiopterin (R <sub>1</sub> = R <sub>3</sub> = H, R <sub>2</sub> = R <sub>4</sub> = OH, R <sub>5</sub> = CH <sub>3</sub> ), H <sub>4</sub> aminobiopterin und DE 4418097-72 an kultivierten, cytokin-stimulierten Mausfibroblasten:			
Inhibitor	Konzentration (μM)	Nitrit im Überstand (μM)	Hemmung (%)
Keiner		9.5	0
H <sub>2</sub> aminobiopterin	2.5	6.2	35
H <sub>2</sub> aminobiopterin	10	2.1	78
H <sub>2</sub> aminobiopterin	25	0.1	99
H <sub>2</sub> aminobiopterin	100	0.0	100
H <sub>2</sub> aminobiopterin	250	0.0	100
Keiner		10.0	0
H <sub>4</sub> aminobiopterin	2.5	9.3	7
H <sub>4</sub> aminobiopterin	10	6.4	36
H <sub>4</sub> aminobiopterin	25	3.8	62
H <sub>4</sub> aminobiopterin	100	0.4	96
H <sub>4</sub> aminobiopterin	250	0.02	99
Keiner		9.8	0
DE 4418097-72	2.5	9.8	0
DE 4418097-72	10	9.1	7
DE 4418097-72	25	8.6	12
DE 4418097-72	100	5.8	41
DE 4418097-72	250	1.8	82

[0011] Tabelle 2 zeigt klar, daß H<sub>2</sub>aminobiopterin an kultivierten Zellen deutlich wirksamer ist als bisher bekannte Pteridinderivate.

[0012] Die Dosierung der Hemmstoffe mit der Formel (I) kann in einem weiten Bereich schwanken. Therapeutisch eingesetzt werden Konzentrationen etwa 20 bis 100 µM, sowie etwa 1 bis 100 mg/kg, entweder oral oder als Bolusinjektion (etwa 2-30 mg/kg), als Depot oder als kontinuierliche Infusion (etwa 0.2 - 3 mg/kg/h). Als Vehikel für orale Gabe eignen sich z.B. Tabletten die 5-20% Wirkstoff, gemeinsam mit einer äquimolaren Menge L-Ascorbinsäure, einer halben äquimolaren Menge N-Acetylcystein und dem Rest pharmazeutische Hilfsstoffe enthalten. Präparate können auch Gemische von verschiedenen Verbindungen der Erfindung enthalten.

[0013] Verschiedene Krankheitsbilder können verschieden auf Veränderungen im NO Spiegel bzw. der NO Synthase Aktivität reagieren. Asthma, z.B., kann durch eine relative geringfügige (5-10%ige) Verringerung der NO Spiegel bzw. der NO Synthaseaktivität deutlich verbessert werden, während z.B. die Abschwächung neurologischer Degenerationen mehr als 20% Hemmung der NO Synthaseaktivität bzw. Senkung der NO Spiegel erfordern kann.

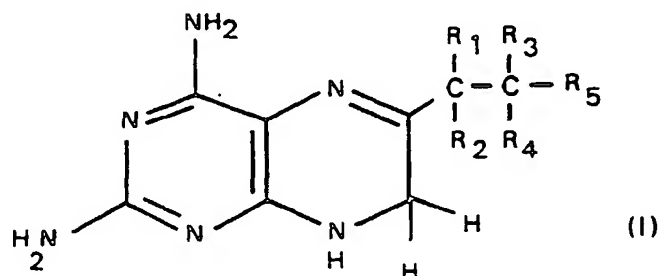
#### Referenzen:

#### [0014]

- 1) E.R. Werner, E. Pitters, K. Schmidt, H. Wachter, G. Werner-Felmayer & B. Mayer. Identification of the 4-amino analogue of tetrahydrobiopterin as a dihydropteridine reductase inhibitor and potent pteridine antagonist of rat neuronal nitric oxide synthase. *Biochem. J.* 320:193-196 (1996)
- 2) B. Schircks, J.H. Bieri & M. Viscontini, Eine neue, regiospezifische Synthese von L-Biopterin. *Helv. Chim. Acta.* 60 (Fasc. 1) 211-214 (1977)
- 3) B. Schircks, Neue Regiospezifische Synthese von L-Biopterin und dessen Derivaten. Ph.D. Thesis, University of Zürich, Switzerland, 1978.
- 4) B. Schircks, J.H. Bieri & M. Viscontini, *Helv. Chim. Acta.* 68, 1639 - 1643 (1985)
- 5) S. Futterman, Enzymatic reduction of folic acid and dihydrofolic acid to tetrahydrofolic acid. *J. Biol. Chem.* 228, 1031-1038 (1957)
- 6) T. Fukushima & M. Akino, Nuclear magnetic resonance studies of some biologically active dihydropterins. *Arch. Biochem. Biophys.* 128, 1-5 (1968)
- 7) B.M. List, P. Klatt, E.R. Werner, K. Schmidt & Mayer, B. Overexpression of neuronal nitric oxide synthase in insect cells reveals requirement of heme for tetrahydrobiopterin binding. *Biochem. J.* 315, 57-63 (1996)
- 8) B. Mayer, P. Klatt, E. R. Werner, and Schmidt, K. Molecular mechanisms of inhibition of porcine brain nitric oxide synthase by the antinociceptive drug 7-nitro-indazole. *Neuropharmacology.* 33:1253-1259, (1994)
- 9) G. Werner-Felmayer G, E.R. Werner, D. Fuchs, A. Hausen, G. Reibnegger, H. Wachter. Tetrahydrobiopterin-dependent formation of nitrite and nitrate in murine fibroblasts. *J. Exp. Med.* 172:1599-1607 (1990)

#### Patentansprüche

1. Pteridinderivat der Formel



wobei R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> unabhängig voneinander für H oder OH stehen, R<sub>5</sub> für H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>OH oder einen niederen Alkylrest (C1 bis C9) steht, der geradkettig oder verzweigt sein kann, sowie für (CH(OH))<sub>n</sub>-Y oder (CH(OH))<sub>n</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>-W, wobei Y Wasserstoff oder ein niederer Alkylrest, W ein Wasserstoff oder eine Hydroxylgruppe ist, und n und m unabhängig voneinander 1-20 sind, sowie tautomere und stereoisomere Formen von (I) und deren Salze.

2. Pteridinderivat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß R<sub>5</sub> für Methyl, R<sub>3</sub> für Wasserstoff, R<sub>4</sub> für Hydroxyl,

$R_2$  für Hydroxyl und  $R_1$  für Wasserstoff oder Hydroxyl stehen.

3. Arzneimittel dadurch gekennzeichnet, daß es ein Pteridinderivat nach Anspruch 1 oder 2 als Wirkstoff enthält.
- 5 4. Verwendung eines Pteridinderivates nach Anspruch 1 oder 2, zur Herstellung eines Heilmittels gegen eine Krankheit, die mit gesteigerter NO-Erzeugung verbunden ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 7276

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,A	DE 44 18 096 A (CASSELLA) * das ganze Dokument *	1-4	C07D475/00 A61K31/505
D,A	DE 44 18 097 A (CASSELLA) * das ganze Dokument *	1-4	
A	DE 195 03 966 A (HEINRICH MACK NACHF.) * das ganze Dokument *	1-4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C07D A61K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18. Februar 1998	
		Prüfer Luyten, H	
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03 82 (P44C03)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**